

HRVATSKI GEOGRAFSKI GLASNIK 72/2, 5 – 26 (2010.)

UDK 551.435.8(234.422.1)  
551.4.034(234.422.1)  
911.2:551.4(497.529)

Izvorni znanstveni članak  
*Original scientific paper*

# Geomorfološka obilježja Slunjske zaravni

Neven Bočić, Mladen Pahernik, Andrija Bognar

Cilj ovog rada jest utvrditi temeljne uvjete i procese oblikovanja i razvoja reljefa te njegove opće geomorfološke značajke na prostoru Slunjske zaravni kao primjera prostrane krške zaravni Dinarskoga krša. Kako je geomorfološko kartiranje jedna od najvažnijih metoda geomorfološkog istraživanja, cilj je bio obaviti detaljno geomorfološko kartiranje te izraditi digitalnu geomorfološku bazu podataka. Na temelju dobivenih podataka provedene su geomorfološka analiza i sinteza te je izrađena detaljna digitalna geomorfološka karta tog područja u izvornome mjerilu 1 : 50.000. Razlučeni su dominantni morfogenetski procesi oblikovanja reljefa (strukturno-geomorfološki i egzogeomorfološki) te su utvrđene osnovne etape geomorfološke evolucije reljefa.

**Ključne riječi:** zaravan u kršu, geomorfološko kartiranje, morfometrija, Slunjska zaravan, Dinarski krš, Hrvatska

## Geomorphological Characteristics of the Slunj Karst Plateau

The research goal has been to determine the basic conditions and processes of the relief formation and development, and to define its general geomorphologic characteristics on the area of the Slunj karst plateau, as an example of spacious plateaus of the Dinaric karst. Since geomorphological mapping is one of the most important methods of geomorphological research, the aim of this work was detail mapping and production of a digital geomorphologic map of the area. As the basis of the given data, geomorphologic analyses and synthesis were worked out and a detailed geomorphologic map to the scale 1:50,000 was made. The dominant morphogenetic processes of the relief formation (structural-morphologic and exogeomorphologic) were distinguished, and basic stages of the relief geomorphologic evolution were determined.

**Key-words:** karst plateau, geomorphological mapping, morphometry, Slunj karst plateau, Dinaric karst, Croatia

## UVOD

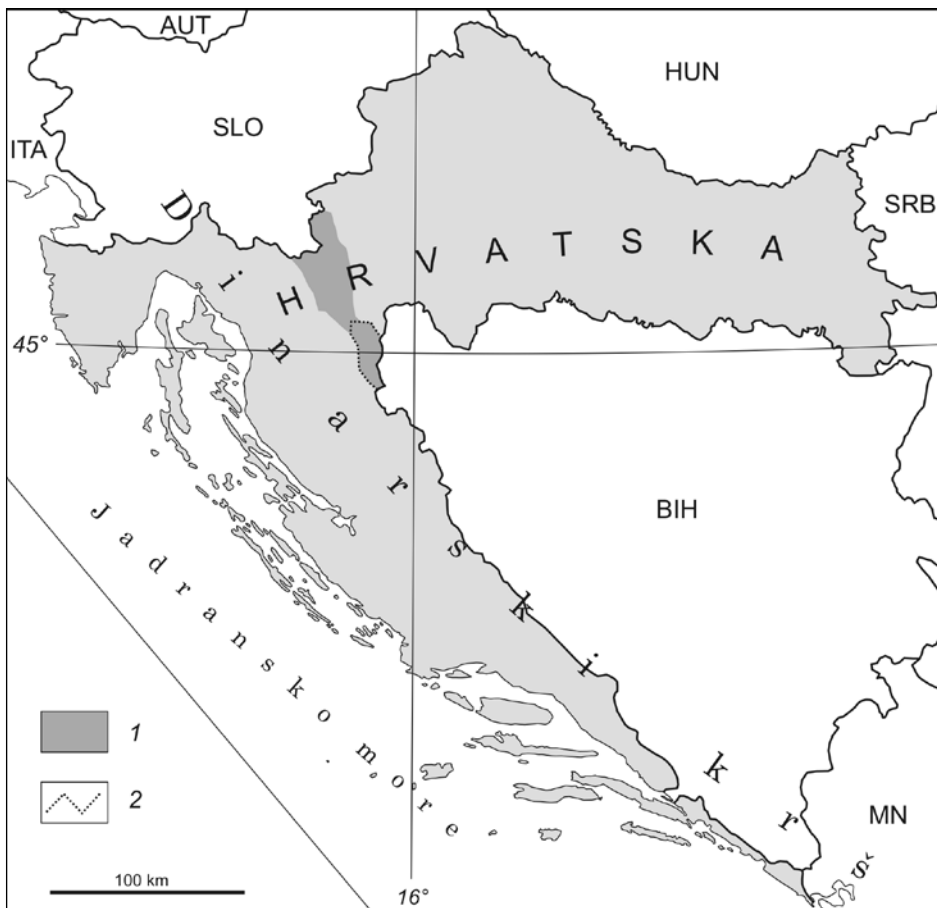
Zaravni u kršu specifični su reljefni oblik poligenetskog tipa vezan uz karbonatnu podlogu. Prostrane zaravni Dinarskoga krša privlačile su znanstvenike iz mnogih krajeva, pa su upravo ondje nastajale prve teorije o načinu i vremenu postanka zaravni u kršu. U 19. i prvoj polovini 20. stoljeća razvijeno je više teorija, koje se mogu podijeliti na: fluvijalno-erozijske i erozijsko-denudacijske teorije (Penck, 1990; Davis, 1901; Hranilović, 1901; Milojević B. Ž., 1923), korozijske teorije (Cvijić, 1900; Grund, 1910; Terzaghi,

1913; Krebs, 1929) i abrazijske teorije (Pavičić, 1908; Cvijić, 1921; Milojević B., 1938). Vrijeme postanka zaravni u tim istraživanjima autori uglavnom vežu uz različite vremenske raspone unutar miocena i pliocena. U drugoj polovini 20. stoljeća nastavljeno je traganje za najboljim konceptom razvoja zaravni u kršu te su svoje značajne priloge rješenju tog problema dali neki naši vodeći geomorfolozi i geolozi. Roglić (1951) istražuje Unsko-koransku zaravan, a zatim istraživanje morfogeneze zaravni proširuje na veći dio Dinarskoga krša (Roglić, 1957). Smatra da su zaravni nastale rubnom korozijom u okviru nekadašnjih polja u kršu u uvjetima tople i (povremeno) vlažne klime. Njihov nastanak smješta u doba srednjeg i gornjeg pliocena. Herak (1986) naglašava da su položaj i rasprostranjenost nekih zaravni u kršu dijelom uvjetovani i geotektonskim okvirom. Posebno je naglašena važnost alohtone tektonike na postanak zaravni, tj. procesa navlačenja, jer su, prema Heraku, već pri samom navlačenju nastali neki zaravnjeni oblici. Bahun (1990) piše o stupnjevima razvoja zaravni u Dinarskom kršu i smatra da su zaravni fragmenti jedne velike zaravnjene površine. Na temelju paleogeografskih uvjeta iznosi tri glavna stupnja razvoja zaravni: 1. krajem paleogena došlo je istovremeno s orogenezom do zaravnavanja, 2. u neogenu se vršila sedimentacija u plitkim i oslađenim bazenima i 3. neotektonskim pokretima došlo je do fragmentiranja zaravni i denudacije neogenskih naslaga. Glavnim egzogenim procesom zaravnavanja Bahun smatra abraziju, dok odbacuje koroziju te smatra da se stoga zaravni ne bi smjele nazivati korozijskima. Bognar (2006) u kritičkom osvrtu na rad J. Roglića o postanku zaravni, iznosi mišljenje da su vodeću ulogu u njihovu nastanku imali procesi arealnog trošenja u uvjetima tropskih ekvatorijalnih klima i relativno stabilan tektonski režim bez izraženijih poremećaja. Takvi su odnosi na Dinarskoj karbonatnoj platformi, prema Bogнару, prevladavali isključivo tijekom mezozoika, što pokazuje i pojava regionalno rasprostranjenih boksita (Bognar, 2006, 2006a). Istraživanju zaravni u Dinarskom kršu svoj doprinos još su dali Friganović (1961), Baučić (1968), Fritz (1972), Gams (1998) i dr. Osim postanka zaravni važno geomorfološko pitanje jest razvoj reljefa na zaravnima, o čemu pišu npr. Gorjanović-Kramberger (1912, 1913), Gams (1986), Fritz (1972), Šušteršić (1998) i Mihevc (2007). O odnosu krškog i fluviokrškog reljefa na Slunjskoj zaravni pišu Bočić (2003, 2003a, 2009) te Bočić i Bačurin (2004). Bočić (2009) uspoređuje faze speleogeneze s fazama razvoja reljefa Slunjske zaravni.

Kako dosadašnje spoznaje o geomorfologiji zaravni u kršu Dinarida nisu bogate, cilj ovog rada jest utvrditi temeljne uvjete i procese oblikovanja i razvoja reljefa te njegove opće geomorfološke značajke na prostoru Slunjske zaravni kao primjera prostranih krških zaravni Dinarskoga krša. Konačni je cilj izraditi detaljnu digitalnu geomorfološku kartu tog područja.

## GEOMORFOLOŠKO-GEOLOŠKI OKVIR ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Istraživano područje (sl. 1) dio je Dinarskoga gorskog sustava. Nalazi se oko 50 km južno od Karlovca, uz granicu s Bosnom i Hercegovinom. Prostire se sjeverozapadno od Male Kapele (1191) i Plitvičkih jezera te sjeverno od Ličke Plješivice (1646) u rasponu od 44°50' do 45°08' sjeverne geografske širine te od 15°34' do 15°49' istočne geografske duljine. Površina istraživanog područja iznosi 336 km<sup>2</sup>. U okviru prirodno-geografske regionalizacije (Bognar, 1996) pripada megaregiji Gorske Hrvatske, a unutar nje makroregiji



Sl. 1. Položaj istraživanog područja (1 – Unsko-koranska zaravan, 2 – Slunjska zaravan)

Fig. 1. The location of the research area (1 – Una-Korana karst plateau, 2 – Slunj karst plateau)

Ogulinsko-plašćanske zavale i Unsko-koranske zaravni. Taj prostor čini sjeveroistočni prijelazni pojas granice Gorske Hrvatske prema Panonskoj megaregiji. Granice istraživog područja definirane su kombinirano, na osnovi prirodnih obilježja te uz državnu granicu. Veći dio tog područja zauzima prostrana okršena zaravan koja se prostire na nadmorskoj visini od oko 250 do 350 m. U makroplanu to je izrazito zaravnjena površina, ali u mikroplanu je znatno raščlanjena, ponajviše zbog uznapredovalog procesa okršavanja. Niz uzvišenja nalazi se uza zapadni i jugozapadni rub zaravni, tj. u zoni prijelaza prema Rakovičkom pobrđu i Maloj Kapeli. U okviru zaravni izdiže se nekoliko uzvišenja koja nadvisuju zaravan za oko 100 – 200 m. Istočnim dijelom istraživog područja dominira kompozitna dolina rijeke Korane s izraženom Furjanskom i Salopečkom kotlinom.

Prema geomorfološkoj regionalizaciji (Bognar, 2001), istraživano područje pripada mezoregiji Unsko-koranska zaravan s pobrđima JZ Korduna, tj. subgeomorfološkoj regiji

Slunjska zaravan i Rakovičko pobrđe. Specifičan geomorfološki položaj Slunjske zaravni na dodiru Dinarskoga gorskog sustava s Panonskim bazenom posljedica je i specifičnoga geotektonskog položaja tog prostora. Prema geotektonskoj regionalizaciji dinarskog prostora (Herak, 1986a, 1991), područje Slunjske zaravni nalazi se u sjeveroistočnom rubu Dinarika, uz tektonsku granicu s pojasom Supradinarika. Na to upućuju i tektonska struktura, razlika u litološkom sastavu te pojava gornjokrednog fliša u prostoru sjeveroistočno od zaravni.

Istraživano područje izgrađeno je pretežito od karbonatnih stijena jurske i kredne starosti. Lokalno su izraženi klastiti permske, miocenske, pliocenske i kvartarne starosti (Korolija i dr., 1979, 1981; Polšak i dr., 1976, 1981). Zbog pretežito karbonatne građe na prostoru Slunjske zaravni prevladavajuće su razvijeni krški i fluvioi krški morfogenetski tipovi reljefa. Osnovna značajka strukturnog sklopa jest pružanje struktura i rasjeda pravcem SZ – JI. Zapažaju se pretežito reversne kompresijske strukture, ali i njihovi desni pomaci uz pojavu ekstenzijskih struktura. Značajno je nizanje rasjeda paralelno s tom graničnom zonom (Prelogović i dr., 2001).

## METODE RADA

### Geomorfološko kartiranje

Sustav metoda regionalno-geomorfološkog istraživanja kompleks je različitih metoda koje obuhvaćaju faze pripreme podataka, geomorfološke analize i geomorfološke sinteze. Svaka faza ima više etapa, a prema obliku rada metode se mogu grupirati u kabinetske, terenske, laboratorijske i dr. Najveći dio istraživanja proveden je neposrednim *terenskim metodama*. Upotrijebljene su standardne *metode geomorfološkoga kartiranja*. Prvo su provedeni rekognosciranje, lociranje, inventarizacija i opažanje istraživanog terena te različita mjerenja (morfometrijska, strukturna i speleomorfološka). Promatrani su oblici reljefa te procesi koji su doveli do njihova stvaranja. Kartiranje je napravljeno na topografskim i orohidrografskim podlogama mjerila 1 : 25.000, a na odabranim područjima i 1 : 5000, najčešće duž planiranih trasa i profila. Za orijentaciju, kretanje po terenu i precizno lociranje geomorfoloških oblika upotrijebljen je ručni GPS-prijamnik, a terenski rad dokumentiran je na prijenosnom računalu pomoću softvera OziExplorer. Geomorfološko kartiranje izvedeno je prema prihvaćenim standardima (Gams i dr., 1985) što se koriste u sklopu projekta „Geomorfološko kartiranje Republike Hrvatske” koji se provodi na Geografskom odsjeku PMF-a Sveučilišta u Zagrebu. U okviru kartiranja i izrade geomorfološke karte prikupljani su i obrađivani geološki, morfogenetski, morfometrijski, morfografski i morfokronološki podaci. Uz kartiranje fotografirani su relevantnih reljefni oblici i njihovih odnosi.

### Digitalna geomorfološka karta

Razvoj geografsko-informacijskih sustava i primjena metoda digitalne prostorne analize unutar metodologije kompleksne geomorfološke analize i sinteze doveli su do potrebe kreiranja prostornih geomorfoloških baza podataka u koje se pohranjuju geomorfološki podaci dobiveni kvantitativnom i kvalitativnom geomorfološkom analizom te podaci

terenskih istraživanja. Metodom sinteze podaci u geomorfološkoj bazi podataka oblikuju se u izlazne informacije, ponajprije u obliku tematskih karata, ali i različitih dijagrama, 3D-prikaza i sl. Tako se unutar suvremenoga metodološkog okvira geomorfološkoga kartiranja razlikuju dvije funkcionalne komponente – prva ili geomorfološka, vezana uz izradu temeljne geomorfološke baze istraživanog područja, i druga ili kartografska, vezana uz formiranje kartografske baze podataka (Pahernik, 2005). Prva faza provedenih istraživanja uključila je metode modeliranja geomorfološke baze podataka uporabom UML-a<sup>1</sup> u objektno orijentiranom dizajnu geomorfološke baze podataka. Rezultati kompleksne geomorfološke analize i podaci terenskih istraživanja pohranjeni su u formiranu geomorfološku bazu podataka istraživanog područja. U drugoj fazi istraživanja metodama generalizacije izdvojen je sadržaj geomorfološke baze podataka za izradu geomorfološke karte. Na temelju kataloga geomorfoloških kartografskih simbola u kartografskoj bazi podataka osnovnim geometrijsko-grafičkim elementima geomorfološke baze pridodane su odgovarajuće geomorfološke signature, rasteri, boje i pismo. Kartografskom obradom završen je proces izrade digitalne geomorfološke karte. U svim fazama njezine izrade upotrijebljen je programski paket ArcGIS 9.3 s modulima Spatial Analyst i Maplex.

### **Geomorfološka analiza i sinteza**

Na temelju prikupljenih i obrađenih podataka provedena je kompleksna geomorfološka analiza. U okviru kabinetskog rada napravljene su temeljna orografska raščlamba i morfometrijska analiza, a zatim morfostrukturna i egzomorfološka analiza. Tako su utvrđeni orografska struktura reljefa istraživanog područja te utjecaj endogenih i egzogenih sila i procesa na oblikovanje i razvoj reljefa. Od morfometrijskih analiza upotrijebljena je analiza visinskih odnosa (hipsometrija), vertikalne raščlanjenosti te nagiba padina. Najveća pozornost posvećena je analizi nagiba padina jer su oni važni pokazatelji morfostrukturnih i egzogeomorfoloških obilježja reljefa. U okviru morfostrukturne analize poseban naglasak stavljen je na utjecaj neotektonskih pokreta na razvoj reljefa, dok je u okviru analize egzogenog reljefa posebna pozornost pridana utvrđivanju razvoja krškog i fluviokrškog reljefa, uključujući površinske i podzemne oblike te njihov međusobni odnos. Posljednja etapa u istraživanju bila je geomorfološka sinteza. Ona je provedena na osnovi rezultata geomorfološke analize. Na temelju podataka morfostrukturne i egzomorfološke analize napravljena je relativna morfokronološka sinteza. U okviru te sinteze određen je slijed odvijanja procesa koji su doveli do današnjih obilježja reljefa. Izvršena je samo sinteza relativne morfokronologije, i to na temelju superpozicije različitih oblika, dok apsolutna starost reljefnih oblika nije određivana. Kao završni rezultat sinteze sveukupnog istraživanja izrađena je finalna digitalna geomorfološka karta istraživanog područja u izvornome mjerilu 1 : 50.000 (sl. 6).

## **GEOMORFOLOGIJA SLUNJSKE ZARAVNI**

### **Orografija**

Najveća orografska cjelina istraživanog područja jest zaravan (sl. 2a). Ona nije prostorno homogena, već je djelomično dezintegrirana i razdijeljena pozitivnim (uzvisinama)

i negativnim (udubinama) strukturama, ali još je uvijek visinski dosta ujednačena, tj. očuvana, uz naglašenu mikrorlašćanjenost. Najizrazitiji dijelovi zaravni mogu se podijeliti na *sjeverni*, *središnji* i *južni* dio. Južni dio zaravni najhomogeniji je i najbolje očuvani dio.

Uzvišenja u odnosu na zaravan možemo podijeliti na rubna i osamljena. Rubna uzvišenja uglavnom se pružaju zapadnim i jugozapadnim rubom zaravni. U sjevernom su dijelu tog pojasa niža brdska uzvišenja, npr. Melnica (518), Bročanska kosa (537), Stražište (404) i Zvjernjak (626). Južnije su viša rubna uzvišenja, npr. Trovrh (940) i Medveđak (889), koja se prema jugoistoku nastavljaju na gorsko-planinska područja Kapele i Plješivice. Od njih se teren prema istoku i sjeveroistoku stepeničasto spušta prema zaravni, uključujući niz nešto nižih rubnih uzvišenja, npr. V. Lisinu (794), Hrastov vrh (630) i nad zaravni istaknuti Čelopek (526). Krajnji južni dio zaravni prema jugozapadu neposredno prelazi u strme padine gorske grede Ličke Plješivice (1646). Sjeveroistočni dio istraživanog terena dio je rebrasto raščlanjenog Cetingradskog pobrđa visine do 400 m. U okviru zaravni uzdižu se i osamljena brdska uzvišenja. Najsjevernija je Kremenita glava (458). Ima izražen glavni greben, ali su zbog nepropusne podloge i duboko usječenih jaruga greben i cijelo uzvišenje vrlo raščlanjeni. Ostala osamljena uzvišenja jasno su izdužena približno dinaridskim pravcem pružanja. To su: Mašvina (577), niz Bliznica – Klenovača – Vršak (482), Lipovača (490), Metla (421) i niz Tržačke kose (425). Između tih uzvišenja smjestila se i tektonska potolina – Kršljanska zavalala.

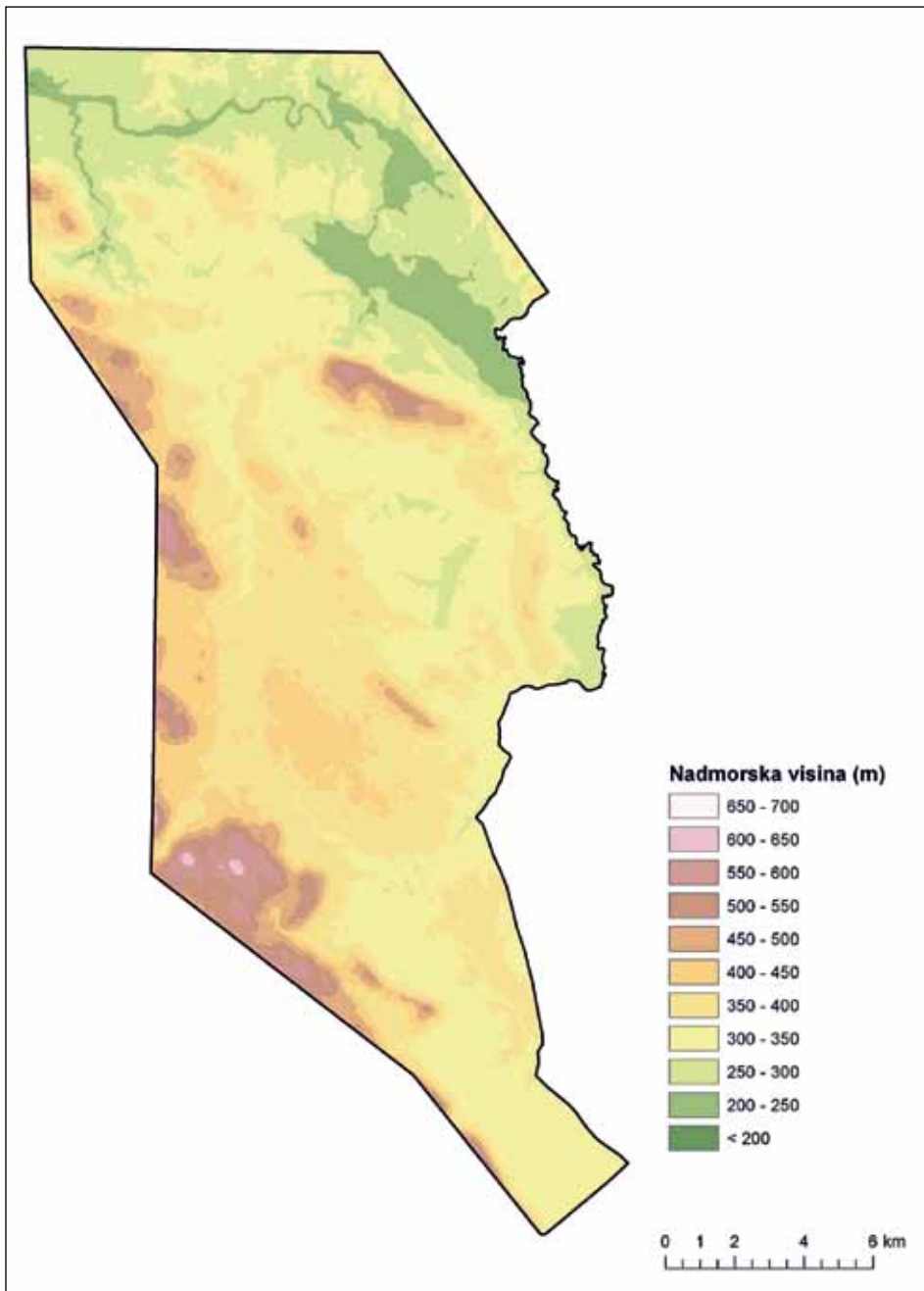
Važnu orografsku cjelinu čini dolina rijeke Korane, koja svojim velikim dijelom ima kanjonske karakteristike. To je kompozitna dolina koja se sastoji od više međusobno različitih cjelina. Prvi je dio kanjon koji se od sela Korana proteže generalno prema sjeveroistoku do Tržačke Raštele. Od Tržačke Raštele pa sve do Gnojnice na sjeveru, Korana generalno teče u smjeru sjever – sjeverozapad te ima širu dolinu, a čini je niz od četiri dolinska proširenja i zavalala. Dalje nizvodno Korana teče generalno prema zapadu, a ima ponovno kanjonsku dolinu, koja mjestimično značajno meandrira.

### Morfometrija

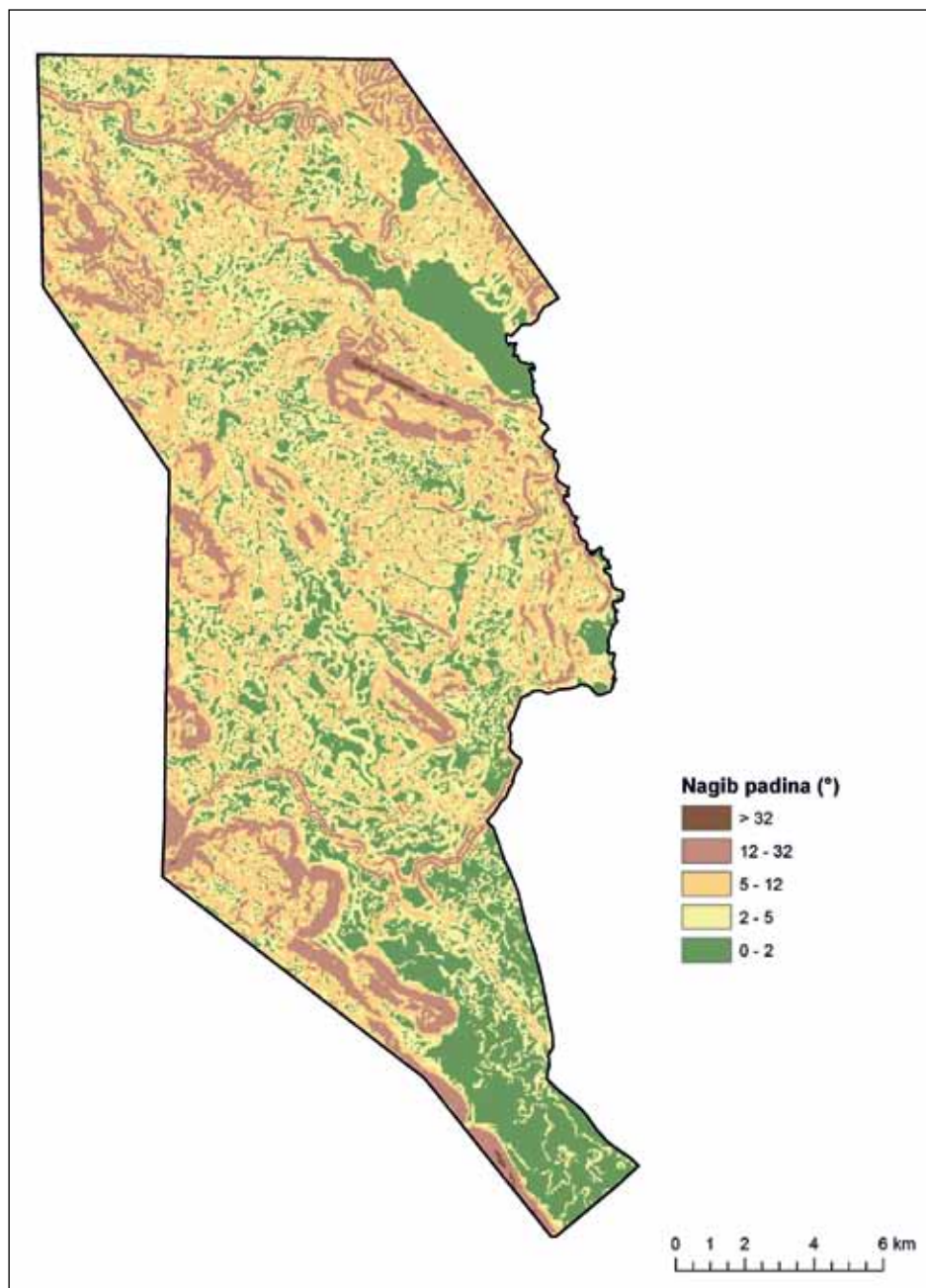
Najniža vrijednost nadmorske visine istraživanog prostora iznosi 196 m, najviša vrijednost 658 m, a prosječna visina 353 m. Za granice svih hipsometrijskih razreda i pojasa znakovito je dominantno pružanje dinaridskim pravcem. Prosječna vertikalna raščlanjenost cijelog prostora Slunjske zaravni jest 82,9 m/km<sup>2</sup>.

Analizom nagiba padina (sl. 2b) ustanovljeno je da najveću površinu (113,75 km<sup>2</sup> ili 33,79% istraživanog područja) zauzimaju padine 3. kategorije nagiba (5 – 12°). Za usporedbu, na prostoru cijele Hrvatske 3. kategorija nagiba padina zauzima 24,03% površine (Lozić, 1996). Znatno su zastupljene prva kategorija<sup>2</sup> (0 – 2°), koja zauzima površinu od 75,65 km<sup>2</sup>, tj. 22,47%, i druga kategorija (2 – 5°), koja zauzima površinu od 103,52 km<sup>2</sup>, tj. 30,75%. Znatno manje zastupljena je četvrta kategorija (12 – 32°), na svega 43,33 km<sup>2</sup>, tj. 12,84%, dok su peta (32 – 55°) i šesta (> 55°) kategorija izuzetno slabo prisutne, na svega 0,33 km<sup>2</sup> (0,11%), odnosno 0,13 km<sup>2</sup> (0,04%).

Prostorni raspored navedenih kategorija na području Slunjske zaravni ima nekoliko specifičnosti. Najveće homogene površine istog nagiba nalaze se u zonama 1. kategorije,



Sl. 2a. Hipsometrijska karta Slunjske zaravni  
*Fig. 2a The hypsometry map of Slunj karst plateau*



Sl. 2b. Karta nagiba padina Slunjske zaravni

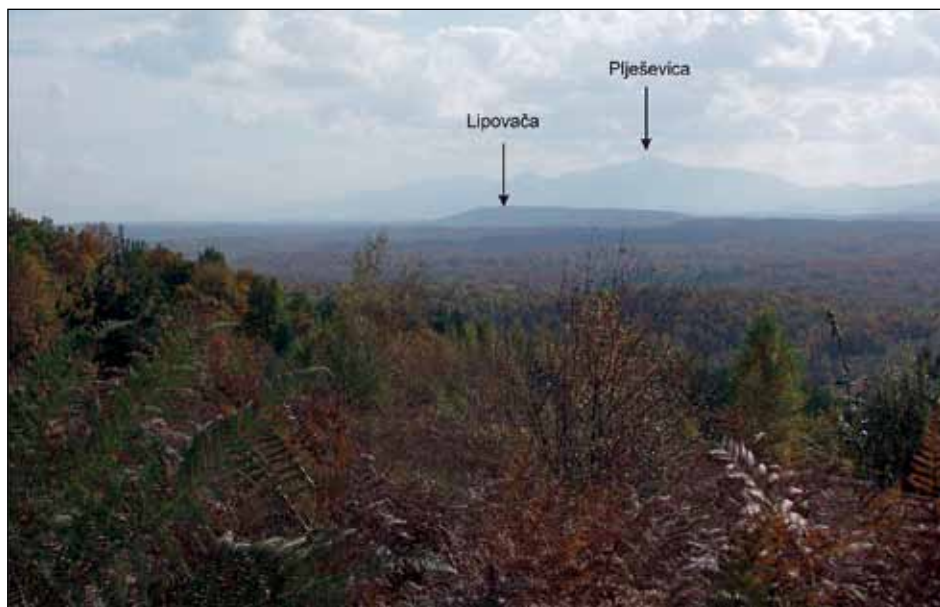
*Fig. 2b The slope inclinations map of the Slunj karst plateau*



i to na dva morfogenetski različita područja. Jedno je dno Furjanske zavale s razvijenim fluvijalnim procesima, a drugo najjužniji dio Slunjske zaravni, tzv. Baljevačka zaravan. Taj je dio zaravni okršen i prekriven plitkim ponikvama. Za razliku od Furjanske zavale tu se naziru uske vijugave zone 2. kategorije nagiba, koje su najvjerojatnije posljedica ostataka okršenih fosilnih dolina i korita. Padine 4. kategorije nagiba zauzimaju nekoliko većih područja. Riječ je o padinama rubnih (npr. Medveđak) i osamljenih (npr. Lipovača, Mašvina, Kremenita glava) uzvišenja ili udubljenja (dijelovi doline Korane, zavala Kršlje), a upućuju na strukturnu predispoziciju postanka. Ta područja imaju izrazita izduženja dinaridskim pravcem pružanja. Sva ostala područja imaju mozaično-mrežastu strukturu u kojoj se izmjenjuju male zone padina 1., 2., 3. i 4. kategorije nagiba. Izmjena tih kategorija mjestimično upućuje na aktivne i, što je posebno važno, na fosilne, okršene doline koje je zbog velikog stupnja okršenosti teško rekonstruirati. Prosječni nagib cijelog područja od samo  $5,97^\circ$  upućuje na izrazitu zaravnjenost reljefa u makroplanu, ali mozaično-mrežasta struktura izmjenjivanja od 1. do 4. kategorije nagiba naglašava izraženu mikroraščlanjenost zaravni, prije svega kao posljedicu procesa okršavanja, ali i neotektonskih pokreta koji se odražavaju i u reljefu.

### Strukturno-geomorfološka obilježja reljefa

U strukturnom smislu područje predstavlja niz struktura i rasjeda, uglavnom dinaridskog pravca pružanja, ali s izraženim povijanjem trasa rasjeda uzrokovanim promjenom orijentacije stresa (generalno iz pravca JZ – SI u pravac J – S). To ima za posljedicu da se u okviru zaravni nižu pop-up (npr. Mašvina, Lipovača) i pull-apart (npr. Kršljanska zavala) strukture. Sama zaravan najveća je morfostruktura ovog područja (sl. 3) te je smatramo



Sl. 3. Središnji dio Slunjske zaravni. Pogled s Mašvine prema jugu.

Fig. 3 The central part of the Slunj plateau area. View from Mašvina hill toward the south.

primarnom morfostrukturom neutralnoga karaktera. Sekundarne morfostrukture (pozitivne i negativne) nalaze se u otočnom ili rubnom položaju u odnosu na zaravan, a uglavnom su vezane uz lokalne kompresijske ili ekstenzijske uvjete. Promjena pravca stresa dovela je do izražene desne horizontalne komponente pomaka između krila rasjeda te nastanka većine sekundarnih morfostrukture zbog prilagodbe reljefa novom tektonskom režimu. To je dovelo i do rotacije pojedinih tektonskih blokova u smjeru obrnutom od kazaljke na satu, pa je npr. greben Mašvine podijeljen na niz manjih grebena koji imaju pružanje približno pravcem Z – I (sl. 6).

Recentni aktivni rasjedi značajno se odražavaju u reljefu u obliku strmih pregiba i strmaca (npr. jugozapadni rub Kršljanske zavale i sjeveroistočni rub Vaganačke zavale), laktastih skretanja dolina (npr. duž toka Korane) te ravnocrtnih dijelova aktivnih (Korana) i suhih dolina (npr. suha dolina Perlinac). Rasjedi također značajno utječu na pojavu izvora (npr. u Furjanskoj zavali) i ponora (npr. u Kršljanskoj zavali). Utvrđena su dva osnovna tipa morfostrukture: denudacijsko-tektonski (zaravan i uzvišenja) i akumulacijsko-tektonski (zavale).

### Egzogeomorfološka obilježja reljefa

Među egzogenim procesima i oblicima na istraživanom području najzastupljeniji su krški i fluviokrški morfogenetski tipovi reljefa, dok su fluviodenudacijski i fluvijalni od manjeg značenja (tab. 1). Važan utjecaj na razvoj reljefa imaju i padinski procesi, a zabilježeni su i antropogeni procesi i oblici.

Tab. 1: Površine zastupljenih morfogenetskih tipova reljefa i njihovi udjeli u ukupnoj površini istraživanog terena

Tab. 1: Size of areas of embraced morphogenetic types and their portions in the researched area

Morfogenetski tip reljefa	Površina (km <sup>2</sup> )	Udio (%)
Krški reljef	224,9	66,8
Fluviokrški reljef	53,5	15,9
Fluviodenudacijski reljef	46,9	13,9
Fluvijalni reljef	11,5	3,4

### K r š k i r e l j e f

S obzirom na dominantnu karbonatnu građu oblici su krškog reljefa najizraženiji. Najznačajniji utvrđeni površinski krški oblici jesu ponikve. Na temelju topografske karte mjerila 1 : 25.000 utvrđeno ih je 14.314, tj. prosječno 42,5 ponikava/km<sup>2</sup>. Od ukupnog broja ponikava 9936 (69,4%) jednostavne su ovalne ponikve, dok su 4378 (30,6%) izdužene ponikve. Većina jednostavnih ponikava ima odnos promjera i dubine oko tri, što ih svrstava u tip zdjelicaštih ponikava (Cvijić, 1893, u Bondesan i dr., 1992). S obzirom na geološku građu najveća gustoća ponikava utvrđena je za područja izgrađena od karbonatnih stijena

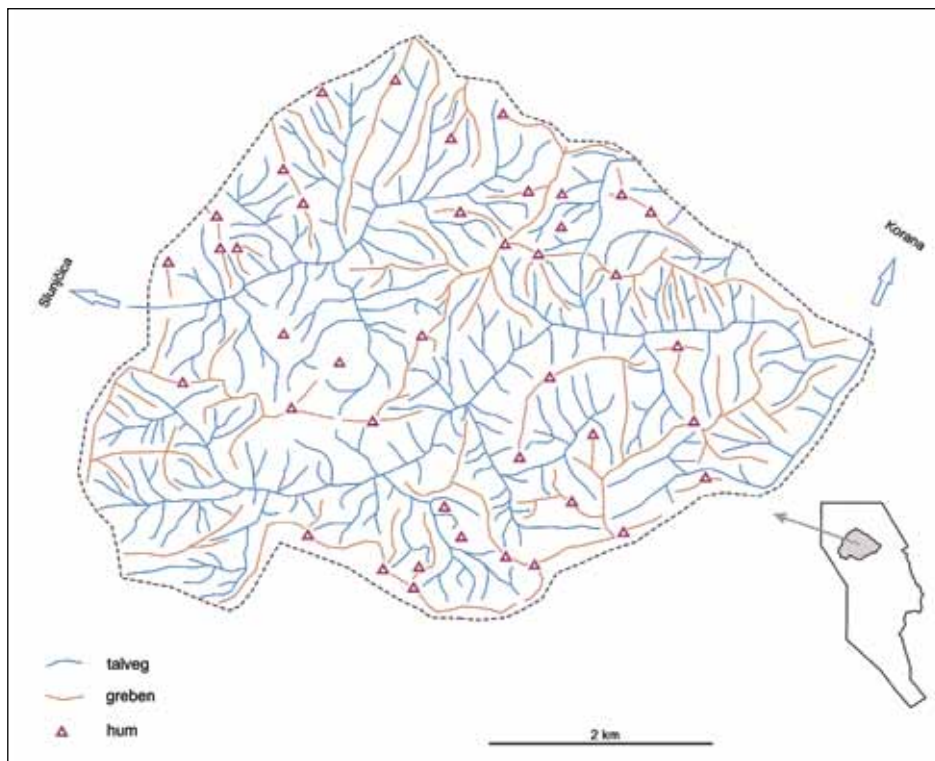


Sl. 4. Neaktivna (suha) fluviokrša dolina Perlinac kod Kršlje  
 Fig. 4 The inactive (dry) fluviokarst Perlinac valley near Kršlja

gornjojurske starosti ( $J_3^{2,3}$ , 60,6%). Utvrđeno je također da je gustoća ponikava najveća u području hipsometrijskog razreda 300 – 350 m (53,9 ponikava/km<sup>2</sup>), kategorije nagiba padina 0 – 2° (68,5 ponikava/km<sup>2</sup>) te kategorije vertikalne raščlanjenosti reljefa 0 – 50 m/ km<sup>2</sup> (68,5 ponikava/km<sup>2</sup>). Kod izduženih ponikava utvrđeni su njihovi glavni pravci pružanja dulje osi SZ – JI i SSI – JJZ. Ostali su značajni krški oblici Slunjske zaravni grižine, ostjenjaci i uvale. S obzirom na to da je riječ uglavnom o pokrivenom i djelomično polupokrivenom kršu, grižine i ostjenjaci na površini su vidljivi samo na određenim područjima (npr. u Lađevačkom Selištu i Novoj Kršlji).

### Fluviokrški reljef

Fluviokrški procesi imali su vrlo veliko značenje u oblikovanju reljefa Slunjske zaravni. Utvrđeni su arealni i kontaktni fluviokrški procesi i oblici. Kod arealnog tipa otkrivene su aktivne, neaktivne (sl. 4) i reliktno fluviokrške doline i kanjoni. Utvrđeni su ponorski i izvorišni podtip kontaktnog fluviokrša s karakterističnim oblicima (ponorske doline i izvorišni obluci različitih vrsta). Sama zaravan najprostraniji je i vjerojatno najstariji reljefni oblik ovog područja. Ona zasijeca geološku strukturu, tj. oblikovana je u stijenama u rasponu od srednjotrijaskih dolomita do gornjokrednih vapnenaca koje su međusobno u složenim strukturnim odnosima. Miocenske jezerske naslage najvjerojatnije su taložene nakon formiranja zaravni te naknadno denudirane. Sačuvane su samo u potolinama ili



Sl. 5. Rekonstrukcija dijela paleohidrografske mreže na temelju položaja rezidualnih humaka i pružanja suhih i reliktnih dolina na središnjem dijelu Slunjske zaravni

*Fig. 5 The reconstruction of the paleohydrographic network at the basis of positions of the residual hills and dry and relict fluviokarst valleys in the central part of the Slunj plateau*

kao manji denudacijski ostaci na zaravni. One su u postmiocenskom razdoblju omogućile razvoj površinske hidrografske mreže koja je naknadno okršena. Na temelju suhih i reliktnih dolina u središnjem dijelu Slunjske zaravni rekonstruirana je paleohidrografska mreža gustoće  $6,7 \text{ km/km}^2$  (sl. 5).

### P o d z e m n i k r š k i i f l u v i o k r š k i r e l j e f

Prikupljeni su podaci o 103 speleološka objekta, među kojima dominiraju špilje (74%). Speleogeneza se odvijala u nekoliko faza (Bočić, 2009). U prvoj je bila uvjetovana lateralnim kretanjem vode u podzemlju. Kanali su nastajali u freatskim (cjevasti provodnici) i plitkim vadoznim uvjetima (kanjanski kanali) te je speleogeneza ponajviše napredovala u duljinu. Tako je utvrđena ukupna duljina svih speleoloških objekata ovog područja od 28.906,5 m. Važnu ulogu imalo je neotektonsko izdizanje, uslijed kojeg su nastajale sve niže i mlađe etaže te su freatski kanali koji su se našli u vadoznoj zoni, preoblikovani u kanale s presjekom ključanice. U izdignutim je zonama lateralnu cirkulaciju zamijenila vertikalna cirkulacija podzemne vode, što je dovelo do stvaranja relativno mlađih vertikalnih vadoznih kanala (npr. u Kojinoj jami na Mašvini).

## P a d i n s k i   r e l j e f

Prostorni raspored padinskih procesa na području Slunjske zaravni uvjetovan je ponajprije razlikama u litologiji podloge, nagibima, tektonskim pokretima i antropogeno promijenjenim uvjetima. Najizrazitiji padinski procesi i njima oblikovani reljefni oblici razvijeni su na sjeveroistočnom dijelu istraživanog područja, izgrađenom od slabo litificiranih klastičnih naslaga (fliš i lakustrijske naslage) podložnih mehaničkom trošenju. Na području izgrađenom od karbonatnih stijena, koje su otpornije na mehaničku rastrožbu, padinski procesi (uz prisutnu fluviokršku koroziju) imaju veće značenje u oblikovanju reljefa na dolomitnoj podlozi (manje otpornoj od vapnenačke) te na područjima povećanog nagiba i tektonske aktivnosti. Registrirani su primjeri svih triju tipova padinskih procesa: gravitacijskih (urušavanje i osipavanje), puženja i kliženja te spiranja i jaruženja.

## F l u v i j a l n i   i   f l u v i o d e n u d a c i j s k i   r e l j e f

Fluviodenudacijski (dolinski) i fluvijalni reljef vezani su uz prostore recentno razvijene površinske hidrografske mreže (17,3% istraživanog područja). Dominantni fluviodenudacijski reljefni oblik ovog prostora jest dolina rijeke Korane. To je kompozitna dolina koja se sastoji od niza kanjonskih dijelova i probojnica te dolinskih proširenja i zaval. Dolina Slunjčice, iako znatno kraća, sličnih je morfoloških karakteristika. Fluvijalni i fluviodenudacijski procesi također dominantno utječu na razvoj reljefa na području Kremenite glave te u Kršljanskoj zavali jer su to područja izgrađena od nepropusnih klastičnih naslaga. Fluvijalni i fluviodenudacijski procesi također su utjecali i na ostale egzogene procese oblikovanja reljefa prostora Slunjske zaravni. Rijeka Korana erozijska je baza za veći dio ovog prostora, pa su se njezinim usijecanjem za oko 50 m u odnosu na razinu zaravni mijenjali usmjerenost i intenzitet ostalih geomorfoloških procesa.

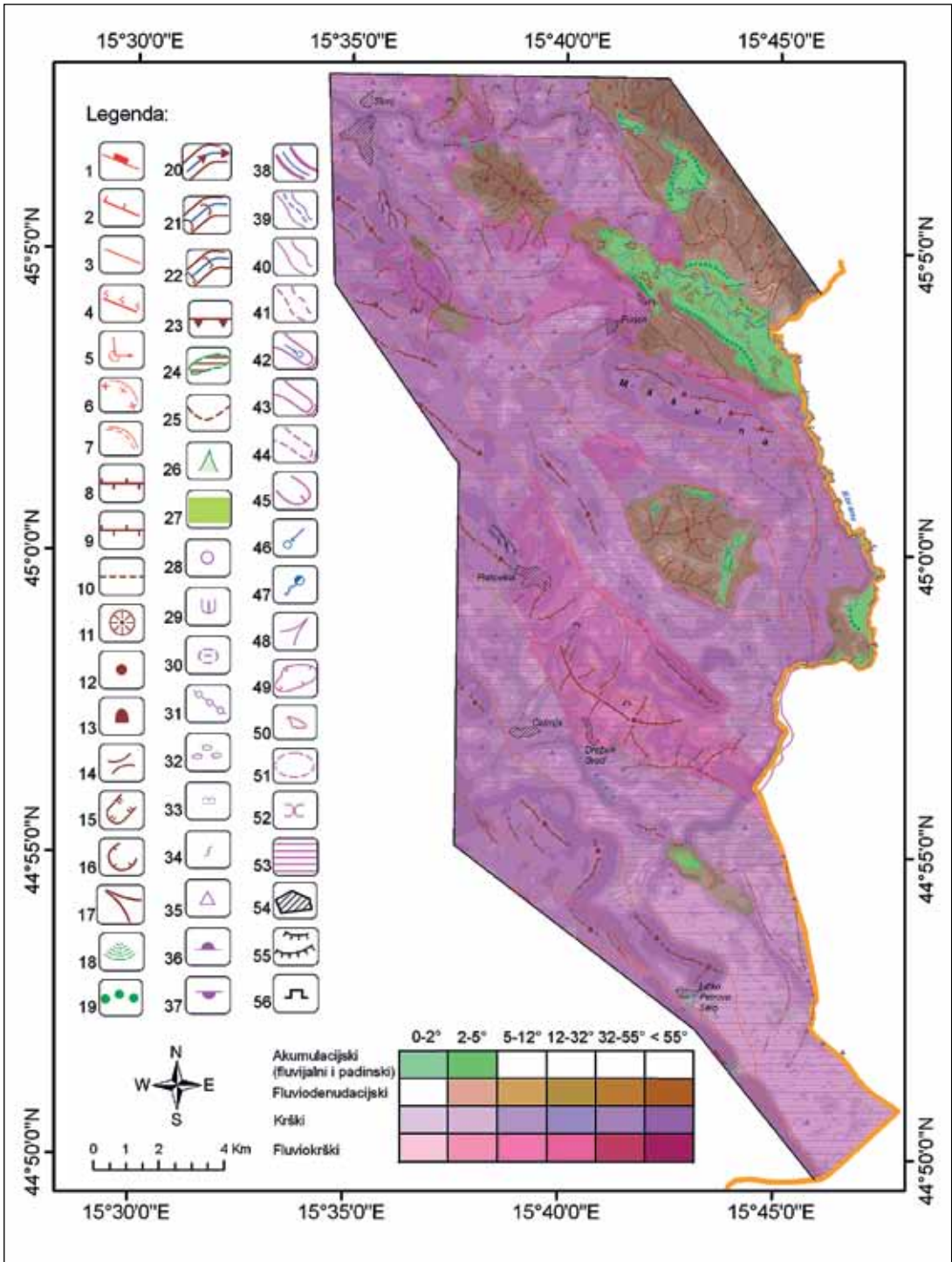
## A n t r o p o g e n i   r e l j e f

Na istraživanom području ljudska djelatnost također neposredno utječe na preoblikovanje reljefa. Od konstruktivnih antropogenih oblika najčešći su nasipi za prometnice i druge građevine te umjetna slapišta. Kamenolomi te usjeci prometnica i drugih građevina najčešći su eskavacijski antropogeni oblici. Najveći antropogeni utjecaj na reljef imaju kombinirani konstruktivno-eskavacijski procesi kojima su oblikovane izgrađene površine u naseljima te terasirane agrarne površine.

## EVOLUCIJA RELJEFA

U okviru ovog istraživanja izvedeni su određeni zaključci o uvjetima i tijeku evolucije reljefa ovog područja. Tijekom mezozoika više je puta dolazilo do prekida sedimentacije te aktiviranja egzogenih procesa. Na kršku denudaciju upućuju i nalazi gornjotrijaskih boksita u okolici Bročanca te gornjokrednih boksita na širem području (Šinkovec i dr., 1985). Krajem krede završeno je taloženje u okviru karbonatne platforme, što je cijelom prostoru dalo primarnu zaravnjenost (Bognar 2006). Krajem krede i početkom paleogena započinju orogenetski procesi u okviru laramijske orogenetske faze, a krajem eocena i početkom oligocena slijedi pirenejska orogenska faza. Pod njihovim utjecajem došlo je





Sl. 6. Umanjeni prikaz geomorfološke karte Slunjske zaravni izrađene u izvornome mjerilu 1 : 50.000.

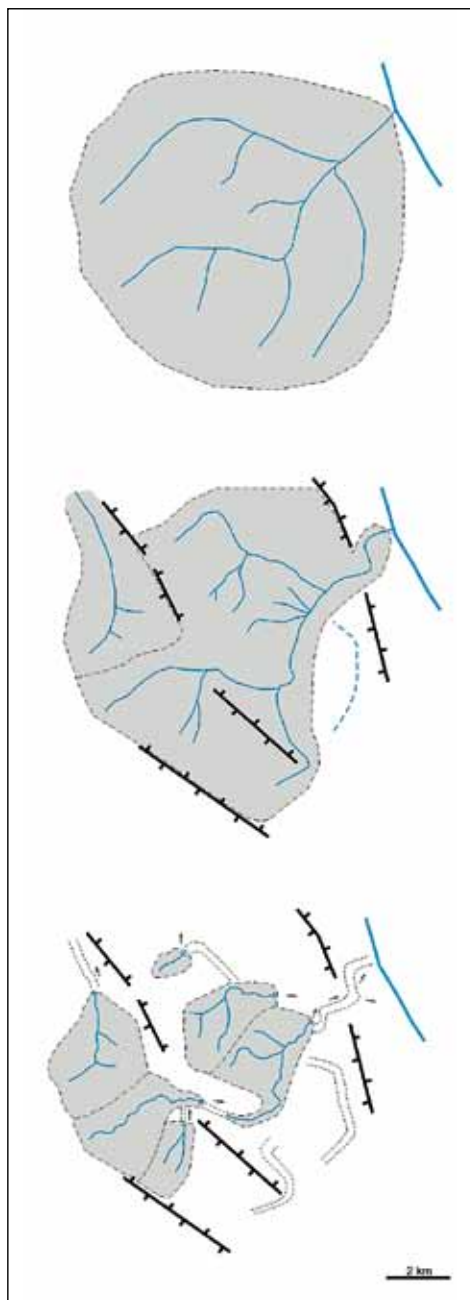
- a) *Endogeni reljef*: 1. Rasjed izražen u reljefu, normalan; 2. Rasjed izražen u reljefu, reversni; 3. Rasjed izražen u reljefu, bez oznake karaktera; 4. Rasjedni strmci; 5. Laktasto skretanje dolina; 6. Zone izraženijeg neotektonskog izdizanja; 7. Zone izraženijeg neotektonskog spuštanja;
- b) *Egzogeni reljef*: b1) *Padinski reljef - denudacijski oblici*: 8. Široki neraščlanjen greben; 9. Uski neraščlanjen greben; 10. Reliktini okršeni raščlanjeni greben; 11. Veliki vrhovi, zaobljeni; 12. Mali vrhovi u kompaktnim stijenama, zaobljeni; 13. Mali vrhovi u kompaktnim stijenama, kupolasti; 14. Sedlo; 15. Plitke i ovalne derazijske doline, 16. Delle; 17. Jaruge; b2) *Padinski reljef - akumulacijski oblici*: 18. Proluvijalne plavine; 19. Glacis terase; b3) *Fluviudenudacijski reljef*: 20. Dolina V presjeka; 21. Koritasta dolina; 22. Dolina ravnog dna; b4) *Fluvijalni reljef - erozijski oblici*: 23. Terasni odsjeci; 24. Mrtvaje; 25. Reliktini meandarski lukovi; b5) *Fluvijalni reljef - akumulacijski oblici*: 26. Fluvijalne plavine; 27. Naplavne ravnice; b6) *Krški reljef*: 28. Ponikve, veće; 29. Bunaraste ponikve; 30. Ponikve u nevezanim klastičnim sedimentima; 31. Spojene ponikve; 32. Boginjavi tip krša; 33. Ekshumirani krš; 34. Pokriveni krš; 35. Humci; 36. Špilja; 37. Jama; b7) *Fluviokrški reljef*: 38. Kanjon; 39. Otvorena dolina, aktivna; 40. Otvorena dolina, suha; 41. Otvorena dolina, reliktna; 42. Ponorska aktivna dolina; 43. Ponorska suha dolina; 44. Ponorska reliktna dolina; 45. Izvorišni obluk, veći; 46. Ponor; 47. Vrelo; 48. Fluviokrške jaruge, aktivne; 49. Uvala bez obzira na tip (veće); 50. Uvala bez obzira na tip (manje); 51. Plitke i prostrane uvale na zaravni; 52. Oblici na sedri; 53. Zaravan u kršu - dobro sačuvana; b8) *Antropogeni reljef*: 54. Veća naselja; 55. Terasirane površine; 56. Kamenolomi.

Fig. 6 The geomorphological map of the Slunj karst plateau in the original scale 1:50,000, presented in reduced size.

- a) *Endogenous relief*: 1. Fault expressed in relief, normal; 2. Fault expressed in relief, reverse; 3. Fault expressed in relief, unknown type; 4. Fault scarps; 5. Knee form valleys; 6. Zone of more prominent neotectonic up-lifting; 7. Zone of more prominent neotectonic down-lifting;
- b) *Exogenous relief*: b1) *Slope relief - denudational forms*: 8. Wide linear ridge; 9. Narrow linear ridge; 10. Relict karstified ridges; 11. Large rounded peaks; 12. Minor rounded peaks; 13. Minor cupola-like peaks; 14. Saddle; 15. Shallow and oval derasional valleys; 16. Delle; 17. Gullies; b2) *Slope relief - accumulation forms*: 18. Proluvial fan; 19. Glacis terraces; b3) *Fluviudenudational relief*: 20. V-shaped valley; 21. Rough-shaped valley; 22. Valley with leveled bottom; b4) *Fluvial relief - erosional forms*: 23. Fluvial terraces; 24. Ancient river meander; 25. Relict meander arcs; b5) *Fluvial relief - accumulation forms*: 26. Fluvial fan; 27. Fluvial plains; b6) *Karst relief*: 28. Large dolines; 29. Pit-like dolines; 30. Dolines in soft clastic sediments; 31. Connected dolines; 32. Karst with dolines; 33. Exhumated karst; 34. Covered karst; 35. Residual karst hills; 36. Cave; 37. Pit; b7) *Fluviokarst relief*: 38. Canyon; 39. Open valley, active; 40. Open valley, dry; 41. Open valley, relict; 42. Sinkhole (blind) valley, active; 43. Sinkhole (blind) valley, dry; 44. Sinkhole (blind) valley, relict; 45. Spring amphitheater, large; 46. Sinkhole; 47. Spring; 48. Fluviokarst gullies, active; 49. Karst uvala (large depression); 50. Karst uvala (medium depression); 51. Shallow and wide uvalas on karst plateau; 52. Tufa forms; 53. Karst plateau - well preserved; b8) *Anthropogenous relief*: 54. Large settlements; 55. Artificially terraced surface; 56. Quarries

do izdizanja pojedinih dijelova karbonatne platforme koji su postali izloženi egzogenim procesima, ponajprije arealnoj krškoj denudaciji. Pirenejski orogenetski pokreti vjerojatno su uzrokovali djelomičnu destrukciju tragova dotadašnjega egzogenog djelovanja, ali su potaknuli nove snažne egzogene procese, koji su vjerojatno trajali do srednjeg miocena. U tom razdoblju, od približno dvadeset milijuna godina, odvijala se intenzivna krška denudacija. Prema Gamsu (1967, 1981), istraživano područje u okviru porječja rijeke Kupe pripada području s krškom denudacijom  $41 - 50 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{godina}$ , tj. snižavanjem terena  $41 - 50 \text{ m}/\text{milijun godina}$ . Prema tome bi krška zaravan mogla nastati u ovom razdoblju. Može se pretpostaviti da je ovo bila jedna od završnih faza oblikovanja krške zaravni, koju su zatim, prema Bahunu (1990), većim dijelom prekrili srednjomiocenski jezerski klastiti.

U postmiocenskom razdoblju na razvoj reljefa značajno su utjecale denudacija neogenskih klastita i postupna ekshumacija karbonatne podine. Tijekom tog procesa



Sl. 7. Shema dezintegracije površinske drenažne mreže na središnjem dijelu Slunjske zaravni

Fig. 7 The scheme of disintegration of the surface hydrographic network in the central part of the Slunj plateau

površina krškog reljefa povećavala se na račun prostora s fluviodeludacijskim reljefom (sl. 7). To je dovelo do razvoja brojnih krških oblika (ponikava, grižina, uvala), ali i okršanih ostataka površinske paleohidrografske mreže (suhih i slijepih dolina). U takvim uvjetima razvili su se brojni speleološki objekti, među kojima dominiraju špilje, dok se jame pojavljuju uglavnom u područjima izdignutih morfostrukture. Neotektonski pokreti uzrokovali su izdizanje čitavog područja te kompenzacijsko usijecanje toka rijeke Korane s prosječnom dubinom usijecanja od oko 50 m, koja vrijednost predstavlja recentnu visinsku razliku od erozijske baze za najveći dio zaravni. Neotektonski pokreti imali su u zonama kompresije i ekstenzije različite predznake i intenzitete, pa je zaravnjenost poremećena pozitivnim i negativnim morfostrukturama unutar same zaravni.

## ZAKLJUČAK

Geomorfološkom analizom utvrđeno je da nije posrijedi potpuno zaravnjeni prostor s homogenom reljefnim obilježjima, već morfometrijski, a posebno morfografski i morfogenetski raznoliki prostor sa složenom evolucijom reljefa. Utvrđeno je da je prosječni nagib cijelog područja samo  $5,97^\circ$ , što upućuje na izrazitu zaravnjenost reljefa u makroplanu, ali mozaično-mrežasta struktura izmjenjivanja od 1. do 4. kategorije nagiba naglašava izraženu mikrorušćanjenost zaravni.

U okviru morfostrukturne analize izdvojene su pozitivne, negativne i neutralne morfostrukture. Sama zaravan najveća je morfostruktura ovog područja te je smatramo primarnom morfostrukturom neutralnoga karaktera. Sekundarne morfostrukture (pozitivne i negativne) nalaze se u otočnom ili rubnom položaju u



odnosu na zaravan, a uglavnom su vezane uz lokalne kompresijske ili ekstenzijske uvjete. Recentni aktivni rasjedi značajno se odražavaju u reljefu u obliku strmih pregiba i strmaca, laktastih skretanja dolina te ravnocrtnih dijelova aktivnih i suhih dolina. Rasjedi također značajno utječu na pojavu izvorâ i ponorâ. Utvrđena su dva osnovna tipa morfostuktura: denudacijsko-tektonski i akumulacijsko-tektonski. Među egzogenim procesima i oblicima najzastupljeniji su krški i fluviokrški morfogenetski tipovi reljefa, dok su padinski, fluviodenudacijski i fluvijalni zastupljeni lokalno. Određeni utjecaj na reljef imaju i antropogeni procesi. Za svaki od prisutnih morfogenetskih tipova utvrđeni su dominantni reljefni oblici: ponikve, uvale, humci, ostjenjaci, grižine i dr. (krški); aktivne, neaktivne i reliktno fluviokrške doline, ponorske doline, izvorišni obluci i dr. (fluviokrški); špilje i jame (podzemni krš i fluviokrš); doline više tipova (fluviodenudacijski); terase, mrtvaje, plavine i dr. (fluvijalni); grebeni, vrhovi, jaruge, derazijske doline i dr. (padinski) te veća naselja, kamenolomi i terasirane površine (antropogeni). U okviru geomorfološke sinteze izvedeni su zaključci o fazama evolucije reljefa. Na temelju tih istraživanja mogu se izdvojiti ove osnovne faze razvoja reljefa: 1) predmiocenska faza izmjene orogeneza i krške denudacije te stvaranje prostrane zaravni, 2) prekrivanje većeg dijela zaravni miocenskim lakustrijskim naslagama, 3) razvoj guste površinske hidrografske mreže i 4) neotektonsko izdizanje praćeno ekshumacijom karbonatne podine, destrukcijom površinske hidrografske mreže i okršavanjem.

#### ZAHVALA

Ovaj rad nastao je u okviru znanstvenih projekata Geomorfološko kartiranje Republike Hrvatske (119-0000000-1299) i Geomorfološka i geokološka istraživanja krša RH (119-1191306-1305) koje je financiralo Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa RH.

#### POZIVNE BILJEŠKE

- <sup>1</sup> Unified Modeling Language – virtualni jezik za razvoj objektno orijentiranih informacijskih sustava koji sadržava opći model dizajna.
- <sup>2</sup> Na prostoru Hrvatske to je najzastupljenija kategorija nagiba padina s udjelom od 43,5% u ukupnoj površini (Lozić, 1996).

## LITERATURA

- Bahun, S., 1990: Stupnjevi razvoja zaravni u Dinarskom kršu, *Krš Jugoslavije* 12/6, 147-158.
- Baučić, I., 1967: Cetina – razvoj reljefa i cirkulacija vode u kršu, *Radovi Geografskog instituta u Sveučilišta Zagrebu*, 6, 1-161
- Bočić, N., 2003: Basic morphogenetic characteristics of caves in the Grabovac valley (Slunj, Croatia), *Geoadria* 8/1, 5-16.
- Bočić, N., 2003a: Relation between karst and fluviokarst relief on the Slunj plateau (Croatia), *Acta Carsologica* 32/2, 137-146.
- Bočić, N., 2009: Relations between speleogenesis and surface morphogenesis of an exhumed karst plain (The Slunj karst plain, Dinaric karst, Croatia), u: *Proceedings of 15<sup>th</sup> International congress of Speleology "Karst Horizons"* (ur. White, W.B.), Kerrville, Texas, July 19-26, 2009. International union of speleology, Kerrville, Vol. 2., 808-813.
- Bočić, N., Bačurin, Ž., 2004: Geomorphological Conditions of the Genesis of the Ponor Jovac Cave (Croatia), *Acta Carsologica* 33/2, 107-113.
- Bognar, A., 1996: Fizičko-geografske pretpostavke regionalnog razvoja Hrvatske u: *I. Hrvatski geografski kongres*, Zbornik radova, Zagreb, 12. i 13. listopada 1995., 51-65, Zagreb.
- Bognar, A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geogr. Croatica*, 34 (1999.), 7-29.
- Bognar, A., 2006: Uloga akademika Josipa Roglića u razvoju geomorfologije, u: *Međunarodni znanstveni skup „Akademik Josip Roglić i njegovo djelo“*, Zbornik radova, Makarska, 2006., 89-104, Split-Zadar-Zagreb.
- Bognar, A., 2006a: The Geomorphological Evolution of Dinarides, u: *Adria 2006 International Geological Congress on the Adriatic area: field trip guide*, (ur. Menichetti, M.; Mencucci, D.), Istituto di Science della Terra, Università di Urbino, Urbino, Italija, 23-26
- Bondesan, A., Meneghel, M., Sauro, U., 1992: Morphometric analysis of dolines, *International Journal of Speleology* 21, 1-55.
- Cvijić, J., 1900: Karsna polja zapadne Bosne i Hercegovine, *Glas. Spr. Akademije nauka* LIX, 167-175, Beograd.
- Cvijić, J., 1921: Abrazione i fluvijalne površi, *Glasnik geografskog društva* 6, 1-61, Beograd.
- Davis, W. M., 1901: An excursion in Bosnia, Hercegovina and Dalmatia, *Bull. Of Geograph. Society of Philadelphia*, 3, 47-50
- Friganović, M., 1961: Polja gornje Krke, *Radovi Geografskog instituta Sveučilišta u Zagrebu*, 3, 1-164,
- Fritz, F., 1972: Razvitak gornjeg toka rijeke Zrmanje, *Krš Jugoslavije* 8/1, 1-16, Zagreb.
- Gams, I., 1986: Kontaktni fluviokras, *Acta Carsologica* XIV/XV (1985-86), 71-78, Ljubljana.
- Gams, I., 1998: Geomorphogenetics of the Classical karst – Kras, *Acta Carsologica* XXVII/2, 181-198, Ljubljana.
- Gams, I., Zeremski, N., Marković, M., Lisenko, S., Bognar, A., 1985: *Uputstvo za izradu detaljne geomorfološke karte SFRJ 1 : 100 000*, Beograd.
- Gojranović-Kramberger, K., 1912: Plitki krš oko Generalskog stola u Hrvatskoj, *Vijesti geološkoga povjerenstva za kraljevine Hrvatsku-Slavoniju za godinu 1911.*, 67-95
- Gojranović-Kramberger, K., 1913: Nekadanji otvoreni tok Dobre i kršni ravnjak u Ogulinu, *Vijesti geološkoga povjerenstva za kraljevine Hrvatsku-Slavoniju za godinu 1912. i 1913.*, 105
- Grund, A., 1910: Beiträge zur Morphologie d. Dinarischen Gebirges, *Geogr. Abhandlungen*, 10, 3, 1-230
- Herak, M., 1986: Geotektonski okvir zaravni u kršu, *Acta Carsologica* 14/15, 11-15.
- Herak, M., 1986a: A new concept of geotectonics of the Dinarides, *Acta Geologica* 16/1, 1-42.
- Herak, M., 1991: Dinaridi, mobilistički osvrt na genezu i strukturu, *Acta Geologica* 21/2, 35-117.

- Hranilović, H., 1901: Geomorfološki problemi iz hrvatskog Krasa, *Glasnik Hrvatskog naravoslovnoga društva* XIII/1-3, 93-133, Zagreb.
- Korolija, B., Živaljević, T., Šimunić, An., 1979: *Osnovna geološka karta 1 : 100 000 list Slunj*, SGZ, Beograd – IGI, Zagreb.
- Korolija, B., Živaljević, T., Šimunić, An., 1981: *Tumač Osnovne geološke karte 1 : 100 000 za list Slunj*, 48 str., SGZ, Beograd – IGI, Zagreb.
- Krebs, N., 1929: Ebenheiten and Inselgebirge in Karst, *Zeitschr. D. Gesell. Für Erdkunde zu Berlin*, 3/4, 81-94.
- Lozić, S., 1996: Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 31, 41-50.
- Mihevc, A., 2007: The age of karst relief in west Slovenia, *Acta Carsologica* 36/1, 35-44.
- Milojević, B. Ž., 1923: Geomorfološka promatranja o dolinama Krke i Čikole, *Glasnik geografskog društva* 9, 121-132, Beograd.
- Milojević, B., 1938: Geomorfološko istraživanje u dolini Cetine, u: *Zbornik radova posvećen Jovanu Cvijiću*, Beograd.
- Pahernik, M., 2005: *Geomorfologija Gorskog kotara – primjena geografsko informacijskog sustava u istraživanju reljefa*, disertacija, 378 str., Geografski odsjek PMF-a, Zagreb.
- Pavičić, S., 1908: Pojava abrazije na istočnom izdanku Plješevice, *Glasnik Hrvatskog naravoslovnog društva* sv. 20, 103-113, Zagreb.
- Penck, A., 1990: Geomorphologische Studien aus der Herzegovina, *Zeitschrift d. deutschen und österreich Alpenvereins*, 31.
- Prelogović, E., Pribičević, B., Dragičević, I., Buljan, R., Tomljenović, B., 2001: *Recentni strukturni sklop prostora Dinarida*, elaborat, 30 str., RGNF, INA – Naftaplin, Zagreb.
- Polšak, A., Juriša, M., Šparica, M., Šimunić, A., 1976: *Osnovna geološka karta 1 : 100 000 list Bihać*, SGZ, Beograd – IGI, Zagreb.
- Polšak, A., Crnko, J., Šimunić, An., Šimunić, Al., Šparica, M., Juriša, M., 1981: *Tumač Osnovne geološke karte 1 : 100 000 za list Bihać*, 52 str., SGZ, Beograd – IGI, Zagreb.
- Roglić, J., 1951: Unsko-koranska zaravan i Plitvička jezera – geomorfološka promatranja, *Geografski glasnik* 13, 49-66.
- Roglić, J., 1957: Zaravni u vapnencima, *Geografski glasnik* 19, 103-134.
- Šinkovec, B., Šušnjara, A., Sakač, K., 1985: Boksiti Korduna i susjednih područja, *Geološki vjesnik* 38, 215-233, Zagreb.
- Terzaghi, K., 1913: Beiträge zur Hydrographie und Morphologie des kroatischen Karstes. Mitt. Aus dem Jahr. der Geol. Reichsanstalt, sv. XX, br.6, 225-336, Budimpešta.

SUMMARY

## Geomorphological Characteristics of the Slunj Karst Plateau

Neven Bočić, Mladen Pahernik, Andrija Bognar

The research goal has been to determine the basic conditions and processes of the relief formation and development, and to define its general geomorphologic characteristics on the area of the Slunj karst plateau as an example of spacious plateaus of the Dinaric karst. Since geomorphological mapping is one of the most important methods of geomorphological research, the aim was detail mapping and production of a digital geomorphologic map of the area. On the basis of the given data geomorphologic analyses and syntheses were worked out and a detailed geomorphologic map to the scale 1:50,000 was made. The dominant morphogenetic processes of the relief formation (structural-morphologic and exogeomorphologic) were distinguished, and basic stages of the relief geomorphologic evolution were determined.

The researched area is situated in the framework of the Dinaric mountainous system at the contact with the Pannonian Basin. Its area figures out at 336 km<sup>2</sup>. The lowest height above sea-level stands at 196 m, and the highest at 658 m. The average height of the area comes to 353 m. In the orographic structure of the area, the karst plateau occupies about 70% of the surface (250 – 400 m). Border and isolated elevations are prominent, as well as valleys and basins.

The largest part is built of more or less permeable, karstified, carbonate Mesozoic deposits. As to its structure, the area represents a series of structures and faults of mainly Dinaric stretching direction, but with a marked bending of fault routes caused by stress orientation change.

The plateau itself is the largest morphostructure in this area, and we consider it the primary morphostructure of neutral character. Secondary morphostructures (positive and negative) are situated in the insular or peripheral position in relation to the plateau, and they are mainly connected with local compression or extension conditions. Recent active faults have a significant reflection on the relief in the form of steep steps and escarpments, and elbow-like turnings of valleys and linear parts of active and dry valleys. Two basic types of morphostructures have been determined: denudational-tectonic and accumulation-tectonic.

As to exogenous processes and forms, karst and fluviokarst morphogenetic relief types are the most highly represented, while fluvio-denudational and fluvial are represented only locally. Anthropogenic processes also have a certain impact on the relief. The most significant determined karst forms are dolines. The remaining significant karst forms in the Plateau of Slunj are grikes, residual ledges and uvalas. Areal and contact fluviokarst processes and forms, where dry and ponor valleys are especially prominent, as well as active canyon parts of the Korana and Slunjčica river valleys have been determined. Data about 103 speleological phenomena, among which caves dominate (74 %), have been collected. Speleogenesis took place in several stages. The most prominent slope processes are developed in the north-eastern part of the researched area made of slightly litificated clastic deposits. Fluvio-denudational and fluvial relief are connected with the areas of recently developed surface hydrographical network.

Finally, a geomorphologic synthesis was worked out. Spatial synthesis resulted in the making of a detailed geomorphologic map to the scale of 1:50,000. In the framework of temporal synthesis, a possible sequence of events was defined under the scope of geomorphologic relief evolution.

The karst plateau of the Slunj plateau is the most spacious and probably oldest relief form in this area. It cuts geologic structure, i.e., it is formed in the rocks ranging from the Middle Triassic dolomites to Upper Cretaceous limestones, which are in mutually complex structural relations. Miocene lacustrine deposits were most probably settled after the surface formation, and they were additionally carried away by denudation. The formation of the Slunj plateau has probably been caused by weathering and karst denudation on the karst plateau. Miocene clastic deposits ensure development of the surface hydrographic net and subsequent exhumation of the Miocene deposits ensures karstification of the area again. Neotectonic movements caused the uplifting of the whole area and cutting of the Korana River's flow with the average cut depth at about 50 m. This value represents a recent altitude difference between the erosion basis and the largest part of the plateau.

Primljeno (Received): 07 – 07 – 2010

Prihvaćeno (Accepted): 29 – 11 – 2010

Dr. sc. **Neven Bočić**, viši asistent  
Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet Geo-  
grafski odsjek  
Zavod za fizičku geografiju  
Marulićev trg 19/II, Zagreb  
nbocic@geog.pmf.hr

Dr. sc. **Mladen Pahernik**, docent  
Hrvatsko vojno učilište  
„Petar Zrinski“, Ilica 256b, Zagreb

Dr. sc. **Andrija Bognar**, red. prof. u miru  
Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet Geo-  
grafski odsjek  
Zavod za fizičku geografiju  
Marulićev trg 19/II, Zagreb

